

СЕКЦИЯ 3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ

ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ТРУБОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ДРЕВОВИДНОЙ СТРУКТУРЫ ПРИ ТРАДИЦИОННОМ СОСТАВЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ

Новицкий Н.Н.^{1,2}, Вантеева О.В.^{1,2}

*¹ФГБУН Институт систем энергетики имени Л. А. Мелентьева
СО РАН, ²Сколковский институт науки и технологий ЦНИО
«Энергетические системы», РФ*

В традиционных детерминированных моделях и методах расчета потоко-распределения воздействия внешней среды учитываются на уровне задания так называемых граничных условий (ГУ) как фиксированных величин. В реальности воздействия внешней среды (нагрузки потребителей, давления на источниках расхода и др.) носят случайный характер. Этим определяется актуальность вероятностных постановок задач потокораспределения режимов, которые состоят в получении результатов расчетов в виде, допускающем вероятностную интерпретацию на основе привлечения информации о ГУ в вероятностной форме. Численное решение таких задач традиционными способами, например, методом Монте-Карло [1] связано с чрезмерными вычислительными затратами даже для ТПС средней размерности.

В работах [2–4] предложен подход к получению аналитических вероятностных моделей установившихся гидравлических режимов, который можно применять, например, для систем водо- и теплоснабжения в условиях стохастического характера водопотребления. Представленный в работах [2–4] ступенчатый метод отличается своей универсальностью, удовлетворительной точностью и низкими вычислительными затратами по сравнению с классическим методом Монте-Карло. Он позволяет вычислять все вероятностные характеристики гидравлического режима, установившегося в сети произвольной конфигурации (многоконтурной, древовидной, смешанной) и состава ГУ (давление может быть задано более чем в одном узле). Методика решения сводится к получению математических ожиданий (МО) параметров режима традиционными (детерминированными) методами расчета режима [5] по исходным данным о МО ГУ и вычислению ковариационной матрицы (КМ) параметров режима по заданной КМ ГУ и матрице производных модели потокораспределения в точке МО ГУ с применением операции обращения матрицы производных.

В докладе рассматривается частный, но достаточно распространенный, случай ТПС древовидной конфигурации с одним источником (в котором задано давление) и множеством вершин с заданными узловыми расходами. В этом

случае расчет вероятностных характеристик (МО, КМ) установившегося изотермического потокораспределения может быть еще более упрощен.

Суть предлагаемого метода, который назван «топологическим», сводится к последовательному обходу узлов расчетной схемы, начиная от узлов с известными ГУ, с применением на каждом шаге такого процесса относительно простых алгебраических соотношений для определения неизвестных значений МО и дисперсий очередного параметра режима. То есть, расчет выполняется без привлечения матричных выражений и операций.

Собственно, предлагаемый алгоритм состоит из двух этапов. На первом, – организуется обход схемы от висячих узлов к корневому (вверх по потоку), на каждом шаге которого по конечным формулам вычисляются МО и дисперсии расходов на ветвях и расхода источника. На втором, начиная от корня дерева в обратном направлении (вниз по потоку) вычисляются МО и дисперсии узловых давлений.

Численные исследования показали, что для адекватного определения дисперсий узловых давлений необходим учет ковариаций расходов на ветвях, а также ковариаций между расходами на ветвях и узловыми давлениями.

Приводится обоснование предлагаемых формул для расчета дисперсий и ковариаций всех параметров гидравлического режима (неизвестных давлений расходов на ветвях, расхода источника, перепадов давления), сами формулы, а также численные примеры применения предлагаемого метода, иллюстрирующие его работоспособность, приемлемую адекватность и быстродействие в сравнении с методом Монте-Карло.

Список литературы

1. Соболев И.М. Численные методы Монте-Карло. – М.: Наука, 1973. – 311 с.
2. Вантеева О.В., Новицкий Н.Н. Задачи и методы вероятностного моделирования гидравлических режимов трубопроводных систем // Научно-технические ведомости СПбГТУ. – 2008. – №1. – с.68-75.
3. Вантеева О.В., Новицкий Н.Н. Моделирование стохастики потокораспределения в гидравлических цепях // Известия РАН. Энергетика. – 2011. – № 2. – с. 145-154.
4. Novitsky N.N., Vanteyeva O.V. Modeling of stochastic hydraulic conditions of pipeline systems // Chaotic Modeling and Simulation (CMSIM). – 2014. – No.1. – P. 95-108.
5. Меренков А.П., Хасилев В.Я. Теория гидравлических цепей. – М.: Наука, 1985. – 280 с.